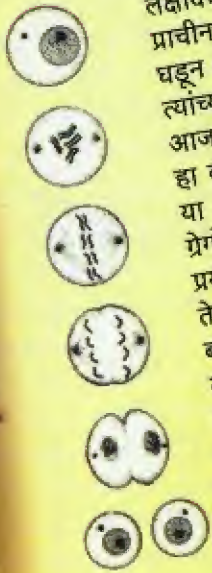
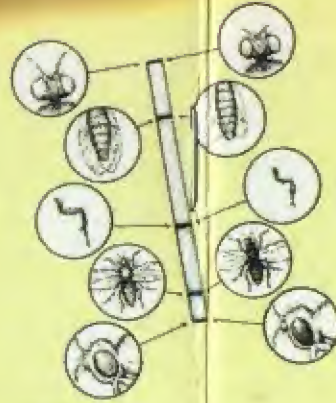




मनोविकास प्रकाशन



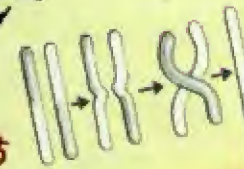
लक्षावधी वर्षांपूर्वी माकडांसारख्या प्राचीन प्राण्यांमध्ये योगायोगाने घडून आलेल्या अनेक बदलांमुळे त्यांच्यातीलच एका प्रकारचे रूपांतर आजच्या बुद्धिवान मानवात झाले. हा बदल कसा घडून आला असावा, या अभ्यासाची सुरुवात एकोणिसाव्या शतकात ग्रेगोर मेंडेल यांनी वाटण्याच्या झाडांवर केलेल्या प्रयोगांच्या तपशीलवार नोंदी ठेवल्या तेव्हापासून झाली. पेशीच्या जडणघडणीचा बारकाईने पाठपुरावा करताना फ्लेमिंग या जर्मन वनस्पतिशास्त्रज्ञास पेशीमध्ये एक प्रकारचे रंगद्रव्य सोडून बारकावे पाहण्याची कल्पना सुचली, त्यातूनच गुणसूत्रे व ते बजावीत असलेल्या महत्वाच्या कामगिरीचा शोध लागला. आता तर आपण संपूर्ण मानवी जनुकांचा नकाशा तयार करण्याच्या पातळीपर्यंत पोचलो आहोत. परंतु या प्रक्रियेची सुरुवात कशी झाली व त्यातील विविध पायऱ्या जाणून घेणेही तेवढेच महत्वाचे आहे.



शो धां च्या क था

जनुके

आयझॅक आसिमॉव्ह



अनुवाद-सुजाता गोडबोले

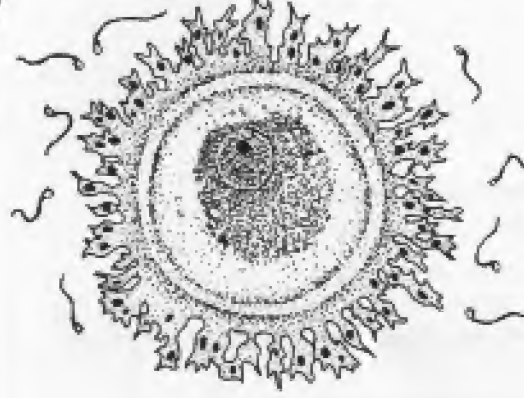


शोधांच्या कथा

जनुके

आयझॅक आसिमॉव्ह

अनुवाद : सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

अनुक्रमणिका

Shodhanchya Katha - Januke
शोधांच्या कथा - जनुके

प्रकाशक । अरविंद घनःश्याम पाटकर
मनोविकास प्रकाशन, सदनिका क्र. ३/अ, चौथा मजला, शक्ती टॉवर्स,
६७२, नारायण पेठ, नू. म. वि. समोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०
Website : www.manovikasprakashan.com
Email : manovikaspublishation@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुखपृष्ठ । गिरीश सहस्रबुद्धे अक्षरजुळणी । गणराज उद्योग, पुणे.
मुद्रक । बालाजी एन्टरप्रायजेस, पुणे. प्रथमावृत्ती । ११ जून २०१२
ISBN : 978-93-81636-82-4

मूल्य । रुपये ३५

- १ | मेंडेल व
वाटाण्याची झाडे-४
- २ | द व्हरी व
उत्परिवर्तन-१६
- ३ | फ्लेमिंग व गुणसूत्रे-२२
- ४ | मॉर्गन व चिलटे-३१
- ५ | म्युलर आणि
क्ष किरण-४७

१ | मेंडेल व वाटाण्याची झाडे

मुले बहुधा आपल्या आई-वडिलांसारखी दिसतात, हे आपल्या सर्वांनाच माहीत आहे. ती काही अंशी आपल्या वडिलांसारखी दिसतात आणि त्यांच्यातील काही गुण आईसारखेही असतात. भाऊ-बहीण बरेचदा एकसारखे दिसतात.

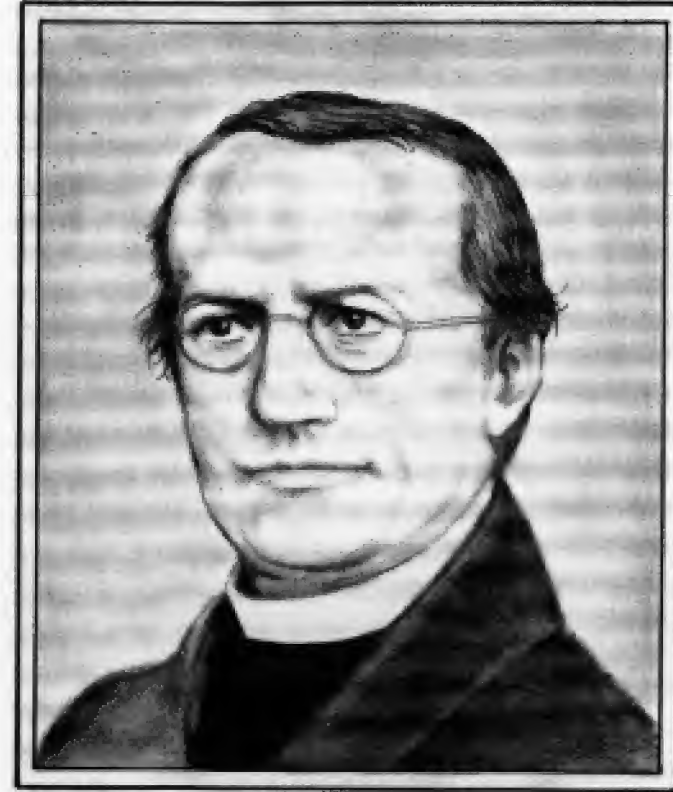
आई-वडील उंच असतील तर मुलेही उंच होतात; आई-वडिलांचे डोळे निळे असतील तर मुलांचेही डोळे निळे असतात; काळ्या आई-वडिलांची मुलेही काळी निपजतात.

हे शारीरिक गुणधर्म आनुवंशिक असतात.

हे केवळ मानवांबाबतच खरे आहे असे नसून, प्राणी व वनस्पतींनाही तोच नियम लागू होतो. नवे जीव आपल्या आई-वडिलांसारखेच दिसतात. वडाच्या झाडाला काही जिराफ होत नाही आणि मासा काही झेंडूच्या फुलाला जन्म देत नाही. एवढेच काय, पण बीगल जातीची दोन कुत्री स्पॅनियल जातीच्या कुत्र्याला जन्म देत नाहीत.

आई-वडिलांचे शारीरिक गुणधर्म मुलांमध्ये आनुवंशिकतेने कसे काय येतात?

मानवांमध्ये ते कसे घडते हे सांगणे कठीण आहे. मुख्य म्हणजे, त्यांच्यात इतके निरनिराळे पैलू असतात की, त्या सर्वांचा माग ठेवणे कठीणच आहे. शिवाय मुलांच्या व आई-वडिलांच्या सर्व पैलूंची तुलना करण्यासाठी मुले मोठी होण्यास खूप वेळ लागतो. तसेच अभ्यास करण्यासाठी बरेच नमुने लागतात. म्हणून जर खूप मुले असतील तर ते सोयीचे होईल; पण एकाच आई-वडिलांना अशी अभ्यासासाठी पुरेशी ठरतील इतकी मुले सहसा नसतात.



ग्रेगोर योहान मेंडेल (१८२२-१८८४)

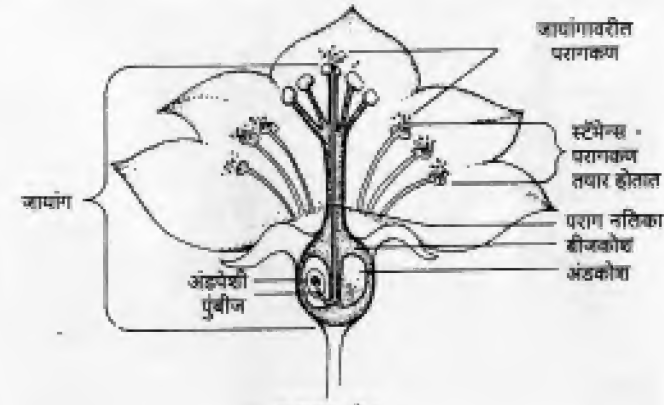
शेवटचे कारण म्हणजे, त्यांच्यावर प्रयोग करता येत नाहीत. मुलांची नाके कशी होतात हे पाहण्यासाठी एका लांब नाकाच्या माणसाचे आखूड नाकाच्या बाईशी लग्न लावून तुम्हाला हे पडताळून पाहता येत नाही. तसेच यात काय फरक पडेल ते पाहण्यासाठी आखूड नाकाचा नवरा व लांब नाकाची बायको अशी जोडीही आपल्याला केवळ प्रयोगासाठी लावता येत नाही. आपण केवळ आपल्या आजूबाजूला पाहून त्यातच काही वैशिष्ट्यपूर्ण नमुने दिसतात का हे शोधू शकतो. अशा अभ्यासाला फारच वेळ लागेल.

एका शतकापूर्वी ग्रेगोर योहान मेंडेल (१८२२-१८८४) या ऑस्ट्रियन संन्याशाला एक कल्पना सुचली.

खरे पाहता मेंडेलला माध्यमिक शाळेत अध्यापक व्हायचे होते, पण त्यासाठी एक परीक्षा द्यावी लागे आणि मेंडेल त्यात तीन वेळा नापास झाला. त्याची फार निराशा झाली. मग वनस्पतींचा अभ्यास करणे या आपल्या छंदात मन रमवले तर आपल्याला बरे वाटेल, असे त्याच्या मनाने घेतले.

या वेळीच त्याला एक कल्पना सुचली. शारीरिक गुणधर्मांच्या आनुवंशिकतेचा अभ्यास करण्यासाठी झाडांची निपज करणे हाच सर्वोत्तम मार्ग आहे, असे त्याने १८५७ साली ठरवले. एक म्हणजे, झाडे एकाच ठिकाणी राहतात म्हणून त्यांच्यावर सहज नियंत्रण ठेवता येते.

तसेच झाडांच्या निपजीवर सहज नियंत्रण ठेवता येते. झाडांच्या फुलांमध्ये स्त्रीलिंगी व पुल्लिंगी अशा दोन्ही प्रकारच्या पेशी असतात. बहुतेक सर्व फुलांच्या केंद्रस्थानी एका जायांगामध्ये (पिस्टिल) अंडकोशात (ओव्युल) अंडपेशी असते. एका झाडाच्या फुलातील पुंबीज असणारे केसर घेऊन निराळ्या प्रकारच्या झाडाच्या फुलाच्या जायांगावर ठेवता येते. याला म्हणतात 'संकर' (क्रॉस पॉलिनेशन).



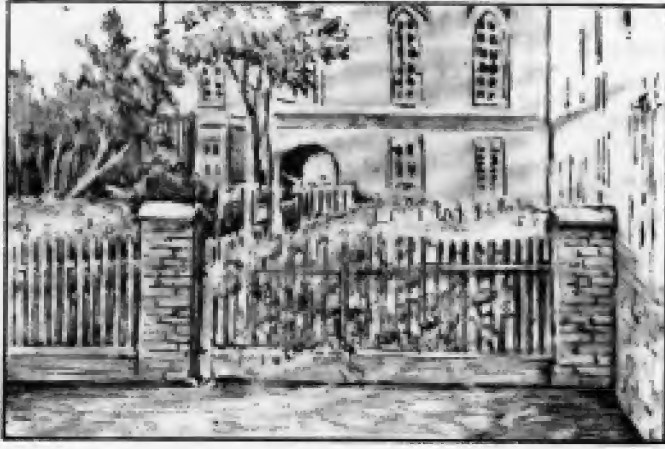
फुलाचा छेद

केसर जायांगावर पडले की त्याच्याखालील नळीतून ते खाली जाते. त्याचा अंडकोशातील अंडपेशीशी संयोग होतो. त्या प्रक्रियेला 'फलन' असे म्हणतात. फलनानंतर अंडघात बीज तयार होते व ते पेरले असता त्याची लवकर वाढ होते. मग या नव्या झाडाच्या गुणधर्मांची ज्या झाडातून केसर व अंडपेशी घेतले होते त्याच्या गुणधर्माशी तुलना करता येते.

वाटल्यास, एखाद्या फुलातील केसर त्याच फुलाच्या जायांगावर घालता येतात. त्याला स्वयंपollination (सेल्फ पॉलिनेशन) म्हणतात. यातून ज्या बीजांची निर्मिती होईल त्यांचे आई व वडील दोघेही तेच असतील. अभ्यासासाठी हे आणखीच सोपे होईल.

आठ वर्षे मेंडेलने वाटाण्याच्या झाडांचे निरनिराळ्या प्रकारे फलन करून त्यांच्या निकालांचा अभ्यास केला.

उदाहरणच घ्यायचे झाले तर, त्याने सुरुवात केली ती पूर्ण वाढलेल्या पण उंचीला कमी, म्हणजे सुमारे दीड फूट, असणाऱ्या वाटाण्याच्या झाडांपासून. त्यापैकी बऱ्याच झाडांचे त्याच झाडांतूनच फलन केले व बी तयार झाल्यावर ते परत पेरले. त्याने लावलेल्या



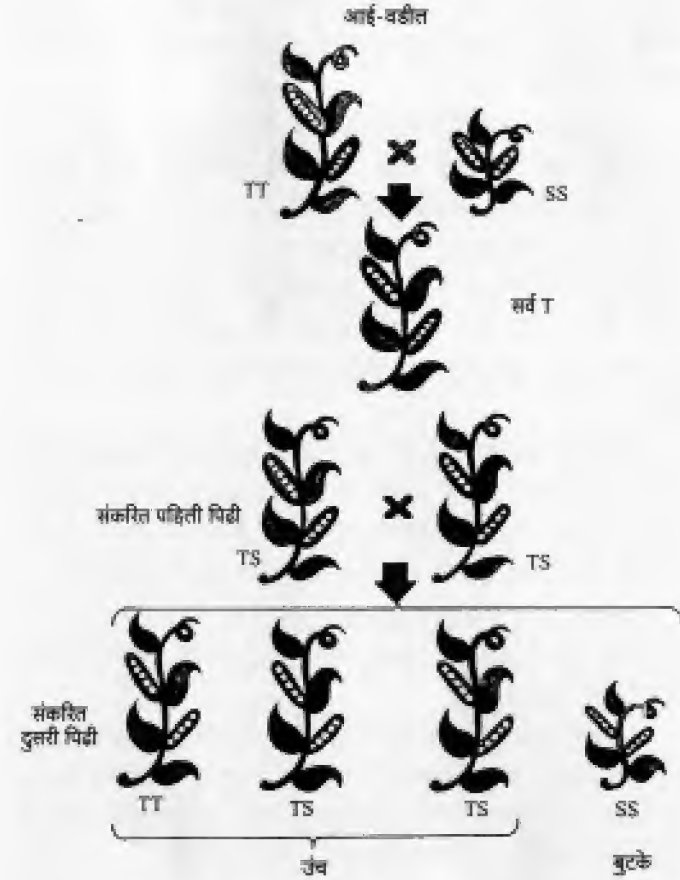
मेंडेलचा ऑस्ट्रियातील बगिचा

प्रत्येक बीपासून आलेले झाड उंचीला बुटकेच होते. म्हणजे ते पूर्वीसारखेच होते.

त्याने वाटाण्याच्या एका वेगळ्या प्रकारच्या झाडावर, म्हणजे सहा ते सात फूट उंचीच्या झाडांवरही प्रयोग केले. पहिल्याप्रमाणेच त्याच झाडाच्या केसरापासून तयार झालेले बरेचसे बी पेरले. प्रत्येक वेळी या बियांमधून उगवलेली काही झाडे उंच होती, म्हणजे तीही पूर्वीप्रमाणेच होती. तथापि, त्याच प्रकारे फलन झालेल्या बियांतून उगवलेली सर्वच झाडे उंच नव्हती. सुमारे तीन-चतुर्थांश झाडे उंच झाली, तर एक-चतुर्थांश झाडे मात्र बुटकीच राहिली.

मेंडेलला याचे फारच आश्चर्य वाटले. पहिल्या पिढीतील सर्व उंच झाडे उंचीच्या बाबतीत अगदी एकसारखीच दिसत असताना त्यांपैकी काहीच उंच व काही बुटकी का निपजावीत?

त्याने आणखी एक प्रयोग केला. या वेळी त्याने संकराद्वारे फलन केले. नव्या पिढीतील उंच झाडांचे केसर घेऊन ते बुटक्या



उंच व बुटक्या वाटाण्याच्या झाडांचा संकर

झाडांच्या जायांगावर ठेवले. तसेच त्याने बुटक्या झाडांचे केसर उंच झाडांच्या जायांगावर ठेवले. आता जे बी तयार होईल त्यांचे आई-वडील निरनिराळे असतील आणि त्यापैकी एक उंच व एक बुटका असेल. आता काही झाडे उंच व काही बुटकी असतील, की सर्वांची उंची मध्यम असेल?

मेंडेलला आश्चर्याचा आणखी एक धक्का बसला, कारण या दोन्हीतील काहीच घडले नाही. या वेळी कोणतीच झाडे बुटकी किंवा मध्यम उंचीची नव्हती. प्रत्येक बीपासून उपजलेले झाड, जरी त्यांच्या आई-वडिलांपैकी एक बुटके व एक उंच असले तरीही, उंचच होते. स्त्रीबीज व केसर हे दोन्हीही जर उंच झाडांतून घेतले असते तर ते जसे उंच निपजले असते, त्याप्रमाणेच प्रत्येक झाड उंच झाले होते. बुटकेपणाचा गुणधर्म त्यांच्यातून नाहीसाच झाला होता.

मेंडेलने वाढवलेली ही उंच झाडे घेऊन त्याने त्यांचे स्वयंपलन (सेल्फ-पॉलिनेशन) केले. आता या झाडांत मात्र हे गुणधर्म पूर्णपणे उतरले नव्हते. त्यांतून निर्माण झालेल्या बीजातून सुमारे तीन-चतुर्थांश झाडे उंच झाली, तर एक-चतुर्थांश बुटकी निपजली.

म्हणजे हा बुटकेपणाचा गुणधर्म पूर्णपणे नाहीसा झाला नव्हता. तो फक्त एका पिढीपुरता लपला गेला होता आणि पुढच्या पिढीत परत दिसून आला.

प्रत्येक झाडात आई व वडील या दोघांकडून येणारी दोन प्रकारची तत्त्वे आनुवंशिकतेचा एखादा गुणधर्म नियंत्रित करत असावीत, असे मेंडेलने याचे स्पष्टीकरण केले. (ही नेमकी कोणती तत्त्वे असावीत हे अर्थातच मेंडेलला माहीत नव्हते.)

ज्या तत्त्वामुळे झाडे उंच झाली त्याला म्हणू या 'टी' (टॉल, म्हणजे उंच) आणि बुटकेपणाच्या तत्त्वाला नाव देऊ या 'एस' (शॉर्ट, म्हणजे बुटके).

बुटक्या झाडात दोन 'एस' तत्त्वे असतील म्हणून त्याचे वर्णन 'एसएस' असे करता येईल. या 'एसएस' झाडाच्या शुक्राणू पेशीत किंवा पुंबीजात या दोन्हीतील एक तत्त्व असेल म्हणून त्यात एक 'एस' तत्त्व असेल. त्याचप्रमाणे प्रत्येक अंडपेशीतही एक 'एस' असेल.

जेव्हा बुटक्या झाडातील शुक्राणूचा बुटक्या झाडातील स्त्रीबीजाशी संयोग होईल, तेव्हा त्या बीजाला शुक्राणूमधून व अंडपेशीमधूनही 'एस' तत्त्व मिळाले असेल, म्हणून ते बीज असेल 'एसएस'चे व त्यातून निपजणारे झाड बुटके असेल. सर्वच बुटक्या झाडांबाबत असेच घडेल, म्हणून ते नेमके आपल्या आई-वडिलांसारखेच निपजेल.

वाटाण्याच्या उंच झाडात उंच होण्याची दोन तत्त्वे असणे शक्य आहे. म्हणजे ते होईल 'टीटी'. त्यातून निर्माण होणारे प्रत्येक पुंबीज व अंडपेशी 'टी' प्रकारची असेल, म्हणजे त्यांचा संयोग झाल्यावर ते असेल 'टीटी', म्हणून त्या बीजातून निपजणारी झाडे उंच होतील. या झाडांपासून निपजणारी झाडेही नेमकी त्यांच्या मागच्या पिढीसारखीच असतील.

परंतु बुटक्या झाडाच्या शुक्राणूचा उंच झाडातील अंडपेशीशी संयोग झाला अशी कल्पना करा. म्हणजे शुक्राणूतील 'एस' तत्त्वाचा अंडपेशीतील 'टी' तत्त्वाशी संयोग झाल्यास ते बीज असेल 'एसटी' प्रकारचे. याउलट, उंच झाडातील शुक्राणूचा बुटक्या झाडातील अंडपेशीशी संयोग झाल्यास, त्यातून निर्माण होणारे बी असेल 'टीएस' प्रकारचे. यापैकी 'एसटी' किंवा 'टीएस' या कोणत्याही प्रकारच्या बीपासून निपजणारे झाड उंच असेल. 'टी' तत्त्व 'एस' तत्त्वाचा प्रभाव नाहीसा करेल म्हणजेच 'उंच असणे' हे तत्त्व प्रबळ (डॉमिनंट) असेल व बुटकेपणाचे तत्त्व असेल दुर्बळ (रिसेसिव्ह).

पण समजा, 'टीएस' (किंवा 'एसटी') प्रकारच्या उंच झाडाचा

प्रबळ तत्त्व



बाली



नेहमीचा



२ भाग असणारे



पांढरी

बाली

उंदीर

रोमटो

मेढी

दुर्बळ तत्त्व



बाली



नाचरा



अनेक भाग असणारे



काळी

नव्या झाडांच्या निर्मितीसाठी उपयोग केला. या शुक्राणूंमध्ये दोन्हीपैकी कोणतेही एक तत्त्व असेल. अर्धे शुक्राणू असतील 'टी' प्रकारचे व अर्धे असतील 'एस' प्रकारचे. अंडपेशीच्या बाबतही असेच घडेल- अर्ध्यात असेल 'टी' तत्त्व व उरलेल्या अर्ध्यात असेल 'एस' तत्त्व.

या शुक्राणूंचा जर अंडपेशीशी संयोग होऊ दिला, तर प्रत्येक 'टी' शुक्राणूचा संयोग 'टी' अथवा 'एस' अंडपेशीशी होईल आणि त्यातून- निपजणारे बीज 'टीटी' किंवा 'टीएस' प्रकारचे असेल. प्रत्येक 'एस' शुक्राणूचा 'टी' किंवा 'एस' अंडपेशीशी संयोग झाल्यावर तयार होणारे बीज 'एसटी' किंवा 'एसएस' प्रकारचे असेल.

म्हणजे चार प्रकारची बीजे समान प्रमाणात तयार होतील : 'टीटी', 'टीएस', 'एसटी' आणि 'एसएस'. यापैकी 'टीटी', 'टीएस', 'एसटी' प्रकारच्या बीजासून उंच झाडे तयार होतील, परंतु 'एसएस' प्रकारच्या बीजासून निपजणारी झाडे मात्र बुटक्या प्रकारची असतील. म्हणजेच एकूण तीन-चतुर्थांश झाडे उंच, तर एक-चतुर्थांश झाडे बुटकी निपजतील. यापैकी 'टीटी' व 'एसएस' प्रकारची झाडे पहिल्या पिढीप्रमाणेच निपजली असतील; पण 'टीएस' व 'एसटी' प्रकारची झाडे मात्र आपापल्या आई-वडिलांसारखी निपजणार नाहीत, पण ती सर्व उंच असतील.

मेंढेलने झाडांच्या इतर गुणधर्मांसाठीही असेच प्रयोग केले व त्याचे स्पष्टीकरण त्या गुणधर्मांनाही लागू पडते असे त्याच्या निदर्शनास आले. त्याने वेगवेगळ्या गुणधर्मांची कॉम्बिनेशन्सही करून पाहिली : उदाहरणार्थ, हिरव्या रंगाच्या वाटाण्यांची उंच झाडे, हिरव्या वाटाण्यांची बुटकी झाडे, पिवळ्या वाटाण्यांची उंच झाडे आणि पिवळ्या वाटाण्यांची बुटकी झाडे वगैरे. यापैकी दोन्ही गुणधर्मांपैकी कोणती नेमकी पहिल्या पिढीसारखीच निपजतील व कोणती तशी असणार नाहीत, तसेच त्यांचे एकूणांत काय प्रमाण असेल व

त्यातून किती प्रकार कोणत्या प्रमाणात मिळतील या सर्वांचे स्पष्टीकरण त्याला देता येत होते, असे त्याला आढळले.

एकदा ही सर्व माहिती गोळा झाल्यावर शास्त्रज्ञ त्याचे म्हणणे मान्य करणार नाहीत असे मेंडेलला वाटले. कारण तो तर साधा मठात राहणारा संन्याशी होता आणि वनस्पतींचा अभ्यास हा त्याचा छंद होता, शिवाय माध्यमिक शाळेत शिक्षक होण्यासाठीची परीक्षादेखील तो नापास झाला होता.

म्हणून आपला संशोधनपर लेख काही महत्त्वाच्या अधिकृत वनस्पतिशास्त्रज्ञांकडे पाठवावा असे त्याला वाटले. जर त्या वनस्पतिशास्त्रज्ञांना मेंडेलचे संशोधनकार्य महत्त्वाचे आहे असे वाटले, तर ते त्याचा पुरस्कार करतील आणि मग इतर शास्त्रज्ञही त्याची दखल घेतील.

कार्ल विल्हेम फॉन नेगली (१८१७-१८९१) या स्विस वनस्पतिशास्त्रज्ञाकडे मेंडेलने आपला लेख पाठवला. फॉन नेगली हा युरोपातील त्या काळच्या आघाडीच्या वनस्पतिशास्त्रज्ञांपैकी एक होता; आणि अनेक प्रकारचे लोक आपल्या कल्पना मांडणारी अनेक पत्रं त्याला पाठवत असणार. फॉन नेगलीने बहुधा मेंडेलच्या लेखावर ओझरती नजर टाकली असेल व 'आणखी एक हौशी अभ्यासक' असाच विचार त्याच्या मनात आला असेल.

त्याने तो लेख मेंडेलकडे परत पाठवला. हे पाहून मेंडेलची फारच निराशा झाली. १८६५ व १८६९ साली मेंडेलचे लेख काही शास्त्रीय नियतकालिकांत छापून आले; पण ती नियतकालिके काही फारशी महत्त्वाची नव्हती. त्याचा लेख कोणा प्रथितयश वनस्पतिशास्त्रज्ञाने पुरस्कृत केला नसल्याने इतर वनस्पतिशास्त्रज्ञांनी त्याच्याकडे लक्ष दिले नाही.

मेंडेल इतका निराश झाला की, त्याने त्यानंतर अशा प्रकारच्या संकराचे आणखी काहीच प्रयोग केले नाहीत. १८६८ साली तो

त्याच्या मठाचा प्रमुख झाला व मठाच्या कार्याला त्याने सर्वांथाने वाहून घेतले. १८८४ साली तो मरण पावला, तेव्हा तो इतका प्रसिद्ध होणार होता याची त्याला काहीच कल्पना नव्हती. फॉन नेगली १८९१ साली मरण पावला त्या वेळी त्याने केवढी मोठी चूक केली होती; आणि त्याचे इतर संशोधनकार्य सोडून मेंडेलचे संशोधनकार्य दुर्लक्षित केल्याबद्दलच तो प्रसिद्ध होईल असे त्याला स्वप्नातही वाटले नसणार.

परंतु मेंडेलचे लेख प्रकाशित होऊन तीस वर्षे होऊन गेली तरीदेखील कोणीच त्याच्याकडे लक्ष दिले नव्हते.

२ | द व्हरी व उत्परिवर्तन

शारीरिक गुणधर्म नेहमी अपेक्षेप्रमाणेच पुढच्या पिढीत उतरतील असे नाही. वनस्पती व प्राण्यांची पुढची पिढी नेमकी आधीच्या पिढीप्रमाणेच निपजेल असे काही सांगता येत नाही.

मधूनच कधीतरी नवी झाडे किंवा पिल्ले आपल्या आई-वडिलांपेक्षा आणि आपल्या भावंडांपेक्षाही निराळीच दिसतात. ज्यामुळे आनुवंशिकता नियंत्रित होते त्यात काहीतरी गडबड झाली असावी असेच यात वाटते.

बऱ्याच वेळा काहीतरी गडबड झाल्याचे स्पष्टच असते, कारण ते झाड वा प्राणी काही प्रकारे अगदीच वेडेवाकडे निपजलेले असते आणि फार काळ जिवंतही राहू शकत नाही. एखाद्या वासराला दोन डोकी असतात किंवा असेच इतर काही दोष असतात. पूर्वी त्यांना 'खेळ'च म्हटले जात असे, जणू काही निसर्ग काहीतरी क्रूर खेळच करत होता.

पूर्वीच्या काळी असा एखादा विचित्र जन्म झाला, तर दैवी शक्ती आपल्याला काहीतरी धोक्याचा इशारा देत आहेत, असेच लोक मानत असत. असा जन्म निसर्गाच्या विरुद्ध असल्याने कदाचित निसर्गाविरुद्ध आणखीही काही घटना घडणार असतील. आता काहीतरी वाईट घडणार अशीच भिऱ्या लोकांची अपेक्षा असे. निसर्गाच्या अशा खेळांतून जन्माला येणाऱ्यांना 'राक्षस' (मॉन्स्टर) असेही नाव दिले जाई. 'मॉन्स्टर' या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'शकुन' किंवा 'सूचना'.

निसर्गाचे खेळ प्रामुख्याने पाळीव जनावरांमध्ये दिसून येत व त्यांच्याकडे केवळ शेतकरी किंवा गुराखीच लक्ष देत. असे प्राणी



सहा बोटांचा मानवी पंजा

सहसा मरून जात नाहीत, तर मारले जात. मानवप्राण्यांत असे निसर्गाचे खेळ आढळल्यास ते लपवले जात आणि बऱ्याच वेळा ते मरूनही जात.

असे काही 'खेळ' जरी उपयुक्त असले, तरी शास्त्रज्ञ सहसा त्यांच्याकडे लक्ष देत नसत.

उदाहरणार्थ, १७९१ साली अमेरिकेतील मॅसेच्युसेट्स प्रांतातील सेठ राइट नावाच्या शेतकऱ्याला आढळले की, त्याच्या एका मेंढीने एका छोटे पाय असणाऱ्या करड्याला जन्म दिला होता. इतर सर्व बाबतीत ते निसर्गी होते. हे करडू जेव्हा मोठे झाले, तेव्हा त्याला बुटक्या पायांमुळे इतर मेंढ्यांप्रमाणे कुंपणावरून उडी मारता येत नसे व त्याला कुरणातच राहावे लागे.

राइटच्या दृष्टीने हे फारच सोयीचे होते, कारण आता त्याला ही मेंढी कुरणातून बाहेर कुठे गेली असल्यास तिला पकडून परत

आणावे लागत नसे. त्या मेंढीला झालेली पिल्लेही लहान पायांचीच निपजली. थोड्याच वर्षात अशा बुटक्या पायांच्या मेंढ्यांचा एक मोठा कळपच त्याच्याकडे तयार झाला.

कालांतराने हा कळप मरून गेला. पण नॉर्वेमध्ये परत एक लहान पायांची मेंढी जन्माला आली आणि त्यांचे आणखी कळप विकसित करण्यात आले. तरीही आनुवंशिकतेच्या अभ्यासात स्वारस्य असणाऱ्या शास्त्रज्ञांचे तिकडे लक्षच गेले नाही.



आखूड पायांची मेंढी

पण १८८६ साली ह्युगो द व्हरीज या डच वनस्पतिशास्त्रज्ञाच्या एक वैशिष्ट्यपूर्ण बाब लक्षात आली.

‘इव्हिनिंग प्रिमरोज’ नावाचे एक नवे झाड अमेरिकेतून नॉर्वेमध्ये आणण्यात आले होते व एका मोठ्या पडीक मैदानात त्यांचे मोठाले ताटवे बहरत असलेले त्याला दिसले. ही सर्व झाडे त्या ठिकाणी रुजलेल्या एका विशिष्ट बीजापासून आली असणार, तरीही त्यातील काही इतरांपेक्षा बरीच निराळी असल्याचे द व्हरीजच्या लगेच लक्षात आले.

निराळी झाडे हा निसर्गाचा खेळ होता; पण त्यांची चांगली वाढ होऊन ती बहरली. त्याने त्यापैकी काही तेथून काढली व आपल्या घरी आणून लावली. मेंढेलने वाटाण्याच्या झाडांवर जसे प्रयोग केले होते जवळजवळ तसेच प्रयोग त्यानेही या झाडांवर केले. (त्या वेळी द व्हरीला अर्थातच मेंढेलच्या प्रयोगांविषयी काहीच माहीत नव्हते.)



ह्युगो द व्हरीज आणि प्रिमरोज

‘इव्हिनिंग प्रिमरोज’च्या बीपासून आलेली झाडे सामान्यतः ज्या झाडांचे बी होते त्या झाडांसारखीच असत; पण मधूनच कधीतरी एखादे नवे झाड इतर झाडांपेक्षा निराळे निपजे. आनुवंशिकतेतील या अचानक दिसून येणाऱ्या बदलाला द व्हरीजने नाव दिले ‘म्युटेशन’. या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे ‘बदल’. तेव्हापासून शास्त्रज्ञ आता अशा प्रकारच्या गोष्टींना ‘खेळ’ किंवा ‘राक्षस’ असे न म्हणता ‘म्युटेशन’ म्हणजे ‘उत्परिवर्तन’ असेच म्हणतात.

आपल्या संशोधनात द व्हरीजलादेखील मेंडेलला आढळल्या होत्या त्याच गोष्टी आढळल्या. एखादा गुणधर्म किती प्रमाणात आढळला व किती प्रमाणात दुसरा गुणधर्म दिसून आला यासंबंधीची सर्व आकडेवारी त्याने काळजीपूर्वक गोळा केली. मेंडेलप्रमाणेच त्याच्या निरीक्षणांचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी, प्रत्येक झाडातील प्रत्येक गुणधर्मासाठी दोन घटक जबाबदार असतात असेही त्याने गृहीत धरले. यापैकी एक घटक केसरात असणार व दुसरा अंडपेशीत; आणि केवळ नशिबानेच त्या दोहोंचा संयोग होत असणार.

१९०० सालच्या सुमारास ‘आनुवंशिकतेचे नियम’ वर्णन करणारे त्याचे संशोधनकार्य प्रकाशित होण्याच्या तयारीत होते.

द व्हरीजला माहीत नसणाऱ्या व एकमेकांनाही ओळखत नसणाऱ्या इतर दोन वनस्पतिशास्त्रज्ञांनी आनुवंशिकतेचे हेच नियम शोधून काढले होते व तेही १९०० साली प्रकाशित होण्याच्या मार्गावर होते. ते होते, कार्ल एरिक कॉरेन्झ (१८६४-१९३३) हा जर्मन वनस्पतिशास्त्रज्ञ व ऑस्ट्रियन वनस्पतिशास्त्रज्ञ एरिक शेरमाक फॉन झेझेनेक (१८७१-१९६२).

या तीनही वनस्पतिशास्त्रज्ञांनी आपले संशोधन प्रकाशित करण्यापूर्वी, या क्षेत्रातील शास्त्रीय नियतकालिकांत अशाच प्रकारचे काही लेख यापूर्वी प्रसिद्ध झाले आहेत का, याचा शोध घेतला. प्रत्येकाला मेंडेलचा लेख सापडला व मेंडेलनेही आनुवंशिकतेच्या

नियमांसंबंधी त्यांनी काढलेलेच निष्कर्ष काढले होते हे पाहून त्यांना किती आश्चर्य वाटले असेल, याची कल्पनाच केलेली बरी.

फरक इतकाच होता, की मेंडेलने त्याचे संशोधन कार्य सुमारे ४० वर्षांपूर्वी केले होते.

द व्हरीज, कॉरेन्स व शेरमाक फॉन झेझेनेक या तिघांनीही आपले लेख १९०० साली प्रकाशित केले; पण तिघांनीही मेंडेलला त्याच्या कामाचे पूर्ण श्रेय दिले. म्हणूनच आता आपण मेंडेलच्या आनुवंशिकतेच्या नियमांसंबंधी बोलतो आणि त्यासाठीच तो इतका प्रसिद्ध झाला आहे. अर्थात, त्याचे कार्य परत सापडण्याच्या कितीतरी आधीच तो मरण पावला होता.

३ | फ्लेमिंग व गुणसूत्रे

दरम्यान, एकोणिसाव्या शतकात शास्त्रज्ञ वनस्पती व प्राण्यांच्या निरनिराळ्या भागांकडे पाहताच होते. सर्व बारीकसारीक तपशील पाहण्यासाठी ते सूक्ष्मदर्शक यंत्राचा वापर करत होते. सजीवांमध्ये त्यांना साध्या डोळ्यांना दिसणार नाहीत अशा अनेक रचना सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली दिसू लागल्या, त्याला त्यांनी नाव दिले 'पेशी' (सेल्स).

प्राण्यांपेक्षा वनस्पतींमध्ये पेशी अधिक स्पष्टपणे दिसत असत. १८३८ साली मॅथियस जेकब श्लायडेन (१८०४-१८८१) या जर्मन वनस्पतिशास्त्रज्ञाने जाहीर केले की, सर्व वनस्पती पूर्णपणे पेशींच्या बनलेल्या असतात व एका पातळ पडद्याने या पेशी एकमेकांपासून वेगळ्या केलेल्या असतात. पेशी म्हणजे वनस्पतींमधील घर बांधणीचे ठोकळे असावेत तसेच होते.

पुढल्याच वर्षी थिओडोर श्वॉन (१८१०-१८८२) या जर्मन जीवशास्त्रज्ञाने या कल्पनेचा विस्तार केला. त्याने म्हटले की, सर्व प्राणी व वनस्पती पेशींचेच बनलेले असतात व प्राण्यांच्या पेशी अधिकच पातळ पडद्याने किंवा आवरणाने एकमेकांपासून वेगळ्या केलेल्या असतात. श्वॉनच्या या सिद्धान्ताला सजीवांतील 'पेशींचा सिद्धान्त' म्हणूनच ओळखले जाऊ लागले व तो अचूक होता असेच दिसून आले.

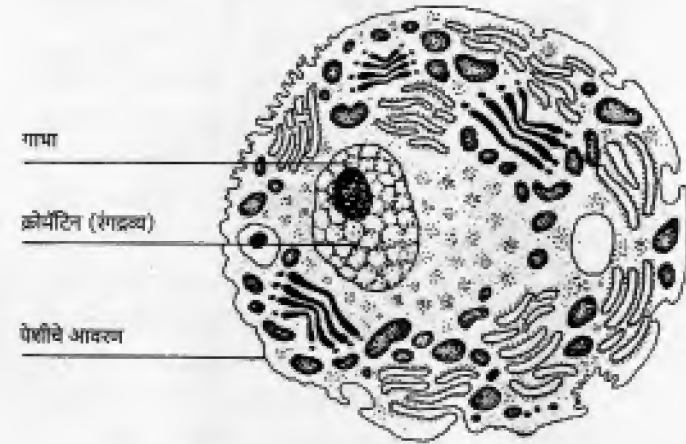
१८४५ साली कार्ल फॉन झीबोल्ट (१८०४-१८८५) या जर्मन जीवशास्त्रज्ञाने निदर्शनास आणले की, सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली दिसणारे सूक्ष्मजीव एकाच पेशीचेदेखील बनलेले असू शकतात.

साध्या डोळ्यांना दिसणारा कोणताही सजीव निरनिराळ्या

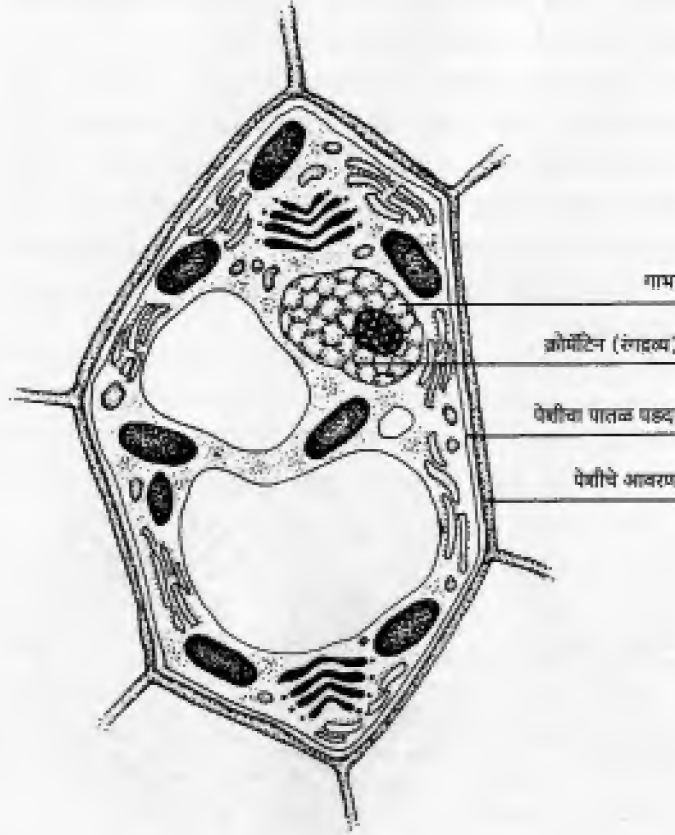
प्रकारच्या असंख्य पेशींचा बनलेला असतो, म्हणून त्याला 'अनेकपेशीय' अथवा 'बहुपेशीय' जीव (मल्टीसेल्युलर ऑर्गॅनिझम) म्हणूनच ओळखले जाते. प्राणी जितका मोठा तितक्या त्याच्यातील पेशी अधिक. बहुपेशीय जीवांमध्ये पेशींची संख्या वाढूनच त्यांचा विकास होतो आणि प्रत्येक जीवाची सुरुवात एका पेशीपासूनच होते. वनस्पती व प्राणी यांच्यातील मूळ पेशी म्हणजेच अंडपेशी.

पूर्ण वाढ झालेल्या मनुष्यप्राण्यात सुमारे ५०,००० अब्ज पेशी असतात, पण तरीही त्याची सुरुवात एका पेशीपासूनच होते. त्या एका पेशीचे विभाजन होऊन तिच्या दोन पेशी होतात. त्यांची वाढ झाल्यावर त्यांचे परत विभाजन होते. एका पेशीच्या ५०,००० अब्ज पेशी होण्यासाठी सुमारे ४५ वेळा विभाजन होणे पुरेसे होते.

परंतु पेशींचे विभाजन कसे होते? विभाजन होताना पेशीत काय घडते?



प्राण्यांची पेशी



वनस्पतीची पेशी

कदाचित पेशी म्हणजे द्रवाचा एक लहानसा थेंब आहे अशी तुम्ही कल्पना केलीत, तर पाण्याच्या एका थेंबाचे जसे विभाजन होऊन दोन चिमुकले थेंब होतात तसेच होईल असे तुम्हाला वाटेल; पण तसे नसते. कारण पेशी म्हणजे केवळ द्रवाचा एक थेंब नाही हे तुम्हाला सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली पाहता येते. तिच्यात आणखी लहान अशा वेगवेगळ्या रचना असतात.

पेशींचा सिद्धान्त मांडला जाण्यापूर्वीदेखील पेशीच्या केंद्राजवळ असणाऱ्या एका लहानशा भागाला स्वतःचे असे एक पातळ आवरण असते, हे काही शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले होते. १८३१ साली रॉबर्ट ब्राऊन (१७७३-१८५८) या स्कॉटिश वनस्पतिशास्त्रज्ञाला अशी रचना वरचेवर आढळल्याने, सर्वच पेशीत अशी रचना असणार, असे त्याने सुचवले, या छोट्याशा रचनेला त्याने नाव दिले 'न्युक्लियस' (गाभा). या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'लहानसे बी'. कारण पेशीच्या मध्यभागी असणारी ही रचना एखाद्या ऐसपैस कवचात छोटेसे बी असावे तशीच होती.

पेशीच्या सिद्धान्ताच्या प्रवर्तकांपैकी एक असणाऱ्या श्लेडेनच्या मते, हे बीज हीच पेशीच्या विभाजनाची कळ असावी. कदाचित याच्या पृष्ठभागापासूनच नवी पेशी निर्माण होत असेल.

फॉन नेगली (मॅडेलच्या संशोधनाचे महत्त्व याच्याच लक्षात आले नव्हते) याने असे घडत नसल्याचे १८४६ साली दाखवून दिले. तरीही पेशीतील या रचनेचा पेशीच्या विभाजनाशी काहीतरी संबंध असायलाच हवा. एका पेशीचे जर दोन विभाग केले व एका भागात बीज असले आणि दुसऱ्यात नसले, तर बीज नसलेला भाग मृत होतो; पण बीज असणारा पेशीचा भाग मात्र पूर्वपदाला येऊन त्याची वाढ होते व त्याचे विभाजन होत राहते.

तरीही, विभाजन होताना नेमके काय घडते हे शास्त्रज्ञांना कसे समजणार? पेशीच्या आतील सामग्री पारदर्शक असते. त्यातून जे

दिसते ते एखाद्या अस्पष्ट सावलीसारखेच दिसते. सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली मोठे करून पाहण्याने यात फारसा काहीच फरक पडत नाही. सावली फक्त मोठी दिसते, पण त्यातील तपशील काही दिसत नाहीत.

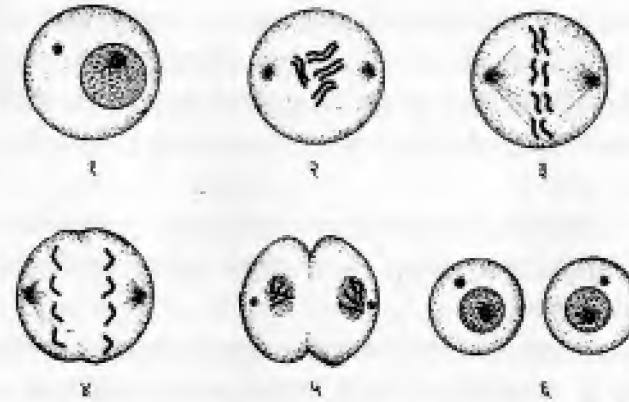
१८५० च्या दशकात व त्यानंतरही निसर्गात नसणारी अनेक रसायने रसायनशास्त्रज्ञ बनवू लागले होते. विशेषतः रंगीत रसायने बनवण्याचा त्यांचा आटोकाट प्रयत्न चालू होता. विशेषतः उन्हातही विटणार नाहीत अशी कपडे रंगवण्याची निरनिराळी चमकदार रसायने बनवण्यात त्यांना विशेष स्वारस्य होते. रंग बनवणे हा एक मोठाच नवा व्यवसाय झाला होता.

पेशींनाही असा रंग देता येईल अशी कल्पना काही जीवशास्त्रज्ञांना सुचली. पेशीत जर निरनिराळ्या रचना असतील, तर त्यांचे रासायनिक घटकही वेगवेगळे असतील. एखादा रंग काहीच रचनांत मिसळला जाईल आणि इतर भाग पहिल्याप्रमाणेच राहतील. मग सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली पाहताना पेशीच्या अंतरंगातील काही भाग चमकदार रंगाचे होतील व बाकीचे तसेच राहतील. अशा तऱ्हेने पेशीच्या अंतरंगाचा अभ्यास करणे सोपे होईल.

१८७० च्या दशकात वॉल्टर फ्लेमिंग (१८४३-१९०५) या जर्मन जीवशास्त्रज्ञाने या प्रकारे रंगांचा वापर केला. एक रंग गाभ्यातील काही भागातच शोषला गेला व पेशीचा इतर भाग तसाच राहिला. त्यामुळे सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली तो भाग सहजपणे दिसू लागला.

गाभ्यातील ज्या भागाने रंग शोषून घेतला होता, त्याला फ्लेमिंगने नाव दिले 'क्रोमॅटिन'. 'रंग' या अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून हा शब्द घेण्यात आला होता.

त्यानंतर जलद गतीने वाढणाऱ्या पेशींचे फ्लेमिंगने सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली निरीक्षण केले. बहुतेक पेशी विभाजनाच्या निरनिराळ्या अवस्थांमध्ये होत्या. त्यांची वाढ होत असल्याने हीच अपेक्षा होती,



रंगसूत्रांच्या विभाजनातून नवीन पेशी तयार होतात

पण रंगाशिवाय काहीच स्पष्ट दिसत नव्हते.

त्या पेशीत रंग घालून फ्लेमिंगने परत सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली ठेवल्या. अर्थात, पेशीतील द्रव्यात रंग मिसळल्याने त्या विषाने पेशी मरण पावल्या, म्हणून पेशीच्या विभाजनाचे कार्य खंडित झाले. तथापि, निरनिराळ्या पेशी विभाजनाच्या निरनिराळ्या अवस्थांमध्ये मरण पावल्याने, एखाद्या चलचित्रपटातील स्थिर चित्रांचे वेड्यावाकड्या क्रमाने निरीक्षण करावे तसाच हा प्रकार दिसत होता; पण विशेष प्रयत्न केल्यावर ही स्थिर चित्रे योग्य त्या क्रमाने लावणे शक्य होते व त्यावरून नेमके काय घडत होते ते समजून घेता येत होते.

१८८२ साली पेशीच्या विभाजनाचा क्रम फ्लेमिंगने काळजीपूर्वक निश्चित केला व त्या सर्व तपशिलांचे वर्णन करणारे पुस्तक प्रसिद्ध केले.

पेशीच्या विभाजनाची प्रक्रिया सुरू झाली की क्रोमॅटिन म्हणजे हे रंगीत द्रव्य गाभ्यात एकत्र होते व त्यातून शेवयांसारखे सूक्ष्म पण

जाडसरं तुकडे तयार होतात. कांड्यांसारख्या या तुकड्यांना फ्लेमिंगने नाव दिले 'क्रोमोसोम'. या ग्रीक शब्दाचा अर्थ आहे 'रंगीत वस्तू'. अर्थात, क्रोमोसोमसना (गुणसूत्र/रंगसूत्र) स्वतःचा असा रंग नसतो; पण फ्लेमिंगने विशेष रंग त्यांच्यात मिसळल्यावर ते रंगीत दिसू लागले होते.

पेशीचे विभाजन सुरू झाले की प्रत्येक रंगसूत्र आपल्यासारखेच आणखी एक रंगसूत्र तयार करते, म्हणजे एकाच्या जागी दोन रंगसूत्रे होतात.

मग त्या गाभ्याभोवतीचे पातळ आवरण विरघळून नाहीसे होते. दुप्पट झालेली सर्व रंगसूत्रे पेशीच्या केंद्राशी एकत्र येतात व नंतर दूर होतात. रंगसूत्रांच्या प्रत्येक जोडीतील एक रंगसूत्र पेशीच्या एका टोकाला जाते, तर दुसरे त्याच्या विरुद्ध बाजूच्या टोकाला जाते. अशा प्रकारे पेशीच्या दोन्ही टोकांना रंगसूत्रांचा एक संपूर्ण संच तयार होतो.

रंगसूत्रांच्या प्रत्येक संचाभोवती एक नवे पातळ आवरण तयार होते व पेशीच्या दोन टोकांना दोन नवे गाभे तयार होतात. मग पेशीचा मध्यभाग चिमटीत पकडल्यासारखा एकत्र येतो व पेशीचे दोन भाग होतात. आता प्रत्येकात एक स्वतंत्र गाभा असणाऱ्या दोन पेशी तयार झाल्या.

फ्लेमिंगचे कार्य इतरांनी पुढे चालू ठेवले. यापैकी एक होता एडुवार्ड फॉन बेनेडेन (१८४६-१९१०) हा बेल्जियन जीवशास्त्रज्ञ.

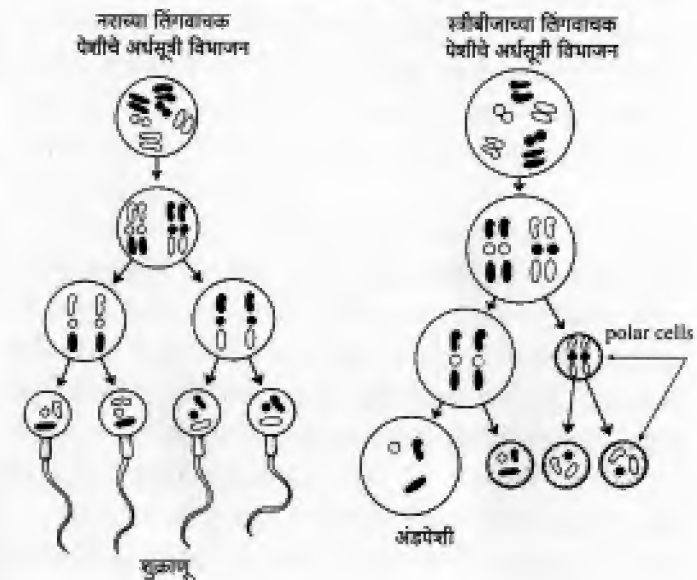
१८८७ साली बेनेडेनने दाखवून दिले की, एकाच प्रकारच्या वनस्पती किंवा प्राण्यांच्या सर्व पेशीतील रंगसूत्रांची संख्या ठराविकच असते. पेशीचे विभाजन होताना प्रथम ही संख्या दुप्पट होते, म्हणजे विभाजनानंतर नव्याने तयार झालेल्या प्रत्येक पेशीत मूळच्या पेशीइतकीच रंगसूत्रे असतात.

उदाहरणार्थ, प्रत्येक मानवी पेशीत ४६ रंगसूत्रे असतात हे

आता आपल्याला माहीत आहे. पेशीचे विभाजन होताना प्रत्येक रंगसूत्र आपल्याप्रमाणेच आणखी एक रंगसूत्र बनवते, म्हणून पेशीत त्या वेळी ९२ रंगसूत्रे असतात. यापैकी ४६ पेशीच्या एका टोकाला जातात व ४६ दुसऱ्या टोकाला. अखेर प्रत्येकी ४६ रंगसूत्रे असणाऱ्या दोन स्वतंत्र पेशी तयार होतात.

लिंगसूचक पेशी बनताना मात्र प्रत्येकीत रंगसूत्रांचा फक्त अर्धाच संच येतो. या प्रक्रियेला 'अर्धसूत्री विभाजन' (मिऑसिस) म्हणतात व यातील विभाजनाच्या प्रक्रियेला 'रिडक्शन डिव्हिजन' असे नाव आहे, याचा अर्थ, प्राणी व वनस्पती यांच्यातील शुक्राणूंमध्ये व अंडपेशीत नेहमीपेक्षा फक्त अर्धीच रंगसूत्रे असतात. म्हणजे प्रत्येक मानवी पेशीत जरी ४६ क्रोमोसोमस असले, तरी शुक्राणू व

मिऑसिस - अर्धसूत्री विभाजन



अंडपेशीत मात्र २३ च रंगसूत्रे असतात.

मानवी शुक्राणूंचा जेव्हा स्त्रीबीजाशी म्हणजेच अंडपेशीशी संयोग होतो, तेव्हा दोन्हीतील २३ रंगसूत्रे एकत्र येतात. याचा परिणाम 'फलन झालेली अंडपेशी'. तिच्यात एकूण सर्व ४६ रंगसूत्रे असतात. यातील अर्धी येतात वडिलांकडून व अर्धी आईकडून.

फलित अंड्याच्या पेशींचे विभाजन होते, त्यांचे परत विभाजन होते आणि प्रत्येक नव्या पेशीत आता ४६ रंगसूत्रे असतात, त्यापैकी अर्धी असतात वडिलांसारखी व अर्धी असतात आईसारखी.

४ | मॉर्गन व चिलटे

१९०० साली द व्हीज, कॉरेन्स व च्येमार्क फॉन झेझेनेग यांनी मेंडेलच्या आनुवंशिकतेचा नियम परत शोधून काढेपर्यंत फ्लेमिंग व बेनेडेन यांच्या संशोधनाचे खरे महत्त्व जीवशास्त्रज्ञांच्या ध्यानातच आले नव्हते. त्यानंतरच मेंडेलच्या नियमात रंगसूत्रे (क्रोमोसोम्स) किती चपखलपणे बसतात हे सर्वांच्या लक्षात आले.

वॉल्टर स्टॅनबरो सटन (१८७७-१९१६) या अमेरिकन जीवशास्त्रज्ञाने याकडे प्रथम लक्ष वेधले. १९०२ साली तो केवळ २५ वर्षांचा असताना त्याने एक लेख प्रकाशित केला. सर्व रंगसूत्रांच्या जोड्या असतात व त्यांची रचना बरीचशी एकमेकांसारखीच असते. म्हणून प्रत्येक मानवी पेशीत ४६ रंगसूत्रे असतात असे न मानता त्यात रंगसूत्रांच्या २३ जोड्या असतात असे मानावे, असे त्याने या लेखात प्रतिपादन केले होते.

त्यानंतर १९०३ मध्ये, शुक्राणूची पेशी व अंडपेशी यात या प्रत्येक जोडीतील एक भाग असतो, असे त्याने दाखवले. त्यांच्यातील २३ रंगसूत्रे हा एक प्रकारचा अर्धाच संच असतो. (म्हणजे प्रत्येक पेशीत सर्व इंग्रजी अक्षरे- कॅपिटल व लहान लिपीतील- आहेत अशी कल्पना करता येते. म्हणजे लिंगदर्शक पेशीतही सर्व अक्षरे असतील- पण ती फक्त कॅपिटल तरी असतील, नाहीतर केवळ लहान लिपीतीलच असतील.)

फलित अंड्यात परत रंगसूत्रांच्या २३ जोड्या असतील, पण प्रत्येक जोडीतील एक भाग वडिलांकडून आलेला असेल, तर दुसरा भाग असेल आईकडून आलेला.

जोडीने एका शारीरिक गुणधर्मचे नियंत्रण होत असेल, तर फक्त २३ व निरनिराळे गुणधर्म असायला हवेत; पण हे अर्थातच खरे नाही. मानवांमध्ये २३ पेक्षा कितीतरी अधिक शारीरिक गुणधर्म असतात.

वास्तविक या समस्येचे उत्तर अगदी सोपे आहे. प्रत्येक रंगसूत्रांच्या एका छोट्याशा भागाने विशिष्ट गुणधर्मचे नियंत्रण होत असावे, एखाद्या माळेत मणी असावेत त्याप्रमाणे रंगसूत्रांच्या लांबीत असे अनेक लहान-लहान भाग असतात. प्रत्येक रंगसूत्रावर असे डझनावारी, शेकडो, इतकेच काय, पण असे हजारो भाग असतात.

१९०९ साली विल्हेम ल्युडविग योहान्सेन (१८५७-१९२७) या डॅनिश वनस्पतिशास्त्रज्ञाने सुचवले, की एक शारीरिक गुणधर्म नियंत्रित करणाऱ्या रंगसूत्रांमधील एका भागास 'जीन' (जनुक) असे नाव दिले जावे. या ग्रीक शब्दाचा अर्थ होता 'जन्म देणे'. ही सूचना मान्य करण्यात आली व तेव्हापासून रंगसूत्रे ही जनुकांची साखळी मानण्यात येऊ लागली.

यात आणखीही काही समस्या होत्याच आणि त्या याहून कठीण होत्या. उदाहरणार्थ, एखादी व्यक्ती अथवा प्राणी नर आहे की मादी हे कशावरून ठरते? मानवांमध्ये (आणि इतर अनेक प्राण्यांतदेखील) जन्माला येणारी ५० टक्के बाळे 'मुलगे' असतात आणि ५० टक्के असतात 'मुली'. स्त्री किंवा पुरुष असणे हा एक अतिशय महत्त्वाचा शारीरिक गुणधर्म आहे; पण मेंडेलचा नियम इथे लागू होत नाही. मेंडेलच्या नियमानुसार नव्या पिढीत एकच गुणधर्म संपूर्णपणे येतो, दुसरा नाही, किंवा त्याचे प्रमाण तीनात एक असे राहते. स्त्री-पुरुष याप्रमाणे कोणतेच प्रमाण एकास : एक (१:१) या स्वरूपात दिसत नाही.

थॉमस हंट मॉर्गन (१८६६-१९४५) या अमेरिकन जीवशास्त्रज्ञाला इतर अनेक समस्यांबरोबरच या समस्येतही विशेष



कीटकाची गुणसूत्रे
प्रत्येक गुणसूत्रात हजारो जनुके असतात

स्वारस्य होते. संशोधनासाठी १९०८ सालापासून त्याने चिलटांवर (फ्रुट फ्लाय) प्रयोग करायला सुरुवात केली. या कीटकाचे शास्त्रीय परिभाषेतील नाव आहे 'डॉसोफिला'. याच्या वापरातील मोठा फायदा म्हणजे, त्यांच्या नव्या पिढ्या लवकर निपजतात व त्यांना अनेक पिल्ले होतात. हा कीटक अगदीच लहानसा असल्याने त्याला फारशी जागा किंवा फारसे अन्नही लागत नाही, शिवाय यांच्या पेशीत रंगसूत्रांच्या फक्त चारच जोड्या असतात.

चिलटांचे डोळे सहसा लाल रंगाचे असतात; पण मधूनच कधीतरी एखाद्या चिलटाचे डोळे पांढऱ्या रंगाचे असत. मॉर्गनने जेव्हा पांढऱ्या डोळ्यांचा नर व लाल डोळ्यांची मादी एका बाटलीत ठेवली, तेव्हा त्यांनी जन्म दिलेली सर्व पिढी लाल डोळ्यांची निपजली. जर लाल डोळे असणे हा प्रबळ गुणधर्म असेल, तर मेंढेलच्या नियमाप्रमाणे हे अपेक्षितच होते.

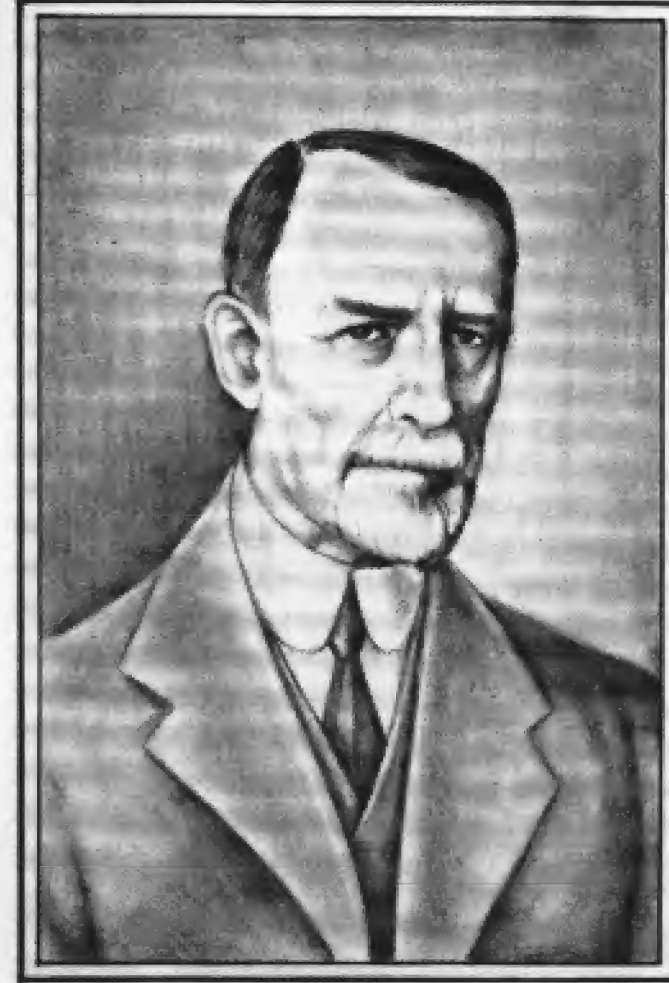
मॉर्गनने या लाल डोळ्यांच्या पिढीचा संकर केला असता, लाल डोळे व पांढरे डोळे असणाऱ्या चिलटांचे प्रमाण तीनास : एक (३:१) असे आढळले. हेदेखील मेंढेलच्या नियमाला धरूनच होते.

तथापि, यात एक आश्चर्य दडलेले होते. पांढरे डोळे असणारी सर्व चिलटे नर होती. हे कशाने झाले असेल?

मॉर्गनने चिलटांच्या रंगसूत्रांचा अधिक बारकाईने अभ्यास केला. माद्यांमध्ये असणाऱ्या रंगसूत्रांच्या चारही जोड्या परिपूर्ण (परफेक्ट) होत्या. त्यापैकी एका जोडीला मॉर्गनने नाव दिले 'क्ष' रंगसूत्र. नर चिलटांमध्ये तीनच जोड्या परिपूर्ण होत्या आणि चौथ्या जोडीत केवळ एकच 'क्ष' रंगसूत्र होते, त्याला जोडीदार नव्हता.

याचा अर्थ, मादी चिलटात जेव्हा अंडपेशी तयार झाली, तेव्हा प्रत्येक अंडपेशीत रंगसूत्रांच्या जोडीतील एक भाग असेल, म्हणजेच या प्रत्येक पेशीत 'क्ष' रंगसूत्र असेल.

जेव्हा नर चिलटाचे शुक्राणू तयार झाले, तेव्हा प्रत्येक पेशीत



थॉमस हंट मॉर्गन

तीन रंगसूत्रांच्या जोडीतील एक भाग असणार, पण फलन होताना चौथ्या 'क्ष' रंगसूत्राला जोडीदार असणार नाही. म्हणजेच त्या अर्ध्या शुक्राणूला 'क्ष' रंगसूत्र मिळेल व उरलेल्या अर्ध्याला तो मिळणार नाही.

चिलटाच्या अंड्याचा चिलटाच्या 'क्ष' रंगसूत्र असणाऱ्या शुक्राणूशी संयोग झाल्यास, त्या फलित अंडपेशीत दोन 'क्ष' रंगसूत्रे असतील आणि ते चिलट मादी असेल. याउलट, अंडपेशीचा जर 'क्ष' रंगसूत्र नसणाऱ्या शुक्राणूशी संयोग झाला, तर या फलित अंड्यात फक्त एकच 'क्ष' रंगसूत्र असेल व त्यातून नर चिलट जन्माला येईल.

या दोन्ही प्रकारचे शुक्राणू पेशी सम प्रमाणात असल्याने ५० टक्के अंड्यातून नरांची निर्मिती होईल, तर उरलेल्या ५० टक्के अंड्यातून माद्या जन्माला येतील.

(मानवांमध्येही असेच घडते. स्त्रियांमध्ये प्रत्येक पेशीत परिपूर्ण रंगसूत्रांच्या २३ जोड्या असतात, पुरुषांमध्ये २२ जोड्या परिपूर्ण असतात व एका 'क्ष' रंगसूत्राचा जोडीदार असतो एक छोटासा 'य' रंगसूत्र नावाचा तुकडा.)

पण यावरून पांढऱ्या डोळ्यांची सर्व चिलटे नर असण्याच्या कारणाचे स्पष्टीकरण कसे काय देणार?

चिलटांमधील डोळ्यांचा रंग नियंत्रित करणारे जनुक 'क्ष' रंगसूत्रावर असते. दोन्ही 'क्ष' रंगसूत्रावर लाल डोळ्यांचे जनुक (आरआर) असल्याने सर्व मादी चिलटांचे डोळे लाल रंगाचे होते. जरी एखाद्या रंगसूत्रावर पांढरे डोळे असण्याचे जनुक (आरडब्ल्यू) असले, तरीही तिचे डोळे लालच असणार, कारण चिलटातील लाल डोळे असण्याचे जनुक प्रबळ (डॉमिनंट) असते. जर प्रत्येक 'क्ष' रंगसूत्रावर पांढरे डोळे असण्याचे जनुक असेल, तरच मादीचे डोळे पांढरे असतील. तथापि, पांढरे डोळे असण्याचे जनुक तसे



लाल डोळ्यांची मादी

लाल डोळ्यांचा नर

पांढऱ्या डोळ्यांचा नर

चिलटे

दुर्मिळच असल्याने, दोन्ही 'क्ष' रंगसूत्रांवर ते असणे आणखीच दुर्मिळ, म्हणून अगदी क्वचितच पांढरे डोळे असणारी मादी चिलटांमध्ये आढळते.

नरांमध्ये एकाच 'क्ष' रंगसूत्रावर लाल डोळ्यांचे जनुक (आरओ) असले, तरीही त्याचे डोळे लालच होतील. 'क्ष' रंगसूत्रावर पांढऱ्या डोळ्यांचे जनुक (डब्ल्यूओ) असणाऱ्या नराचे डोळे पांढरे असतील. पांढऱ्या डोळ्यांचे एक जनुक पुरेसे आहे, कारण नरामध्ये लाल डोळे असण्याचे दुसरे प्रबळ जनुक असणारे 'क्ष' रंगसूत्र नसेल.

पांढऱ्या डोळ्यांचा नर व लाल डोळ्यांची मादी यांचे संकर केल्यास, प्रत्येक अंडपेशीत 'आर' जनुक असेल, पण शुक्राणू मात्र दोन प्रकारचे म्हणजे 'डब्ल्यू' व 'ओ' या प्रकारचे असतील. यापैकी फलित झालेल्या निम्म्या अंडपेशींना 'डब्ल्यू' जनुक असणारे 'क्ष' रंगसूत्र मिळेल व त्या होतील 'आरडब्ल्यू'. त्या सर्व माद्या असतील आणि त्यांचे डोळे असतील लाल. राहिलेल्या निम्म्यांना 'क्ष' रंगसूत्र मिळणार नाही व त्या होतील 'आरओ'. हे सर्व नर असतील आणि त्यांचे डोळेही लाल असतील.

पण जर या लाल डोळे असणाऱ्या पिढीचा - 'आरडब्ल्यू'



माद्या व 'आरओ' नर - संकर केला तर काय होईल? ५० टक्के अंडपेशी असतील 'आर' व ५० टक्के असतील 'डब्ल्यू' प्रकारच्या. यापैकी कोणालाही शुक्राणूमधून 'क्ष' रंगसूत्र मिळेल व त्यातून मादी निर्माण होईल. म्हणजे अर्ध्या माद्या असतील 'आरडब्ल्यू' व उरलेल्या असतील 'आरआर'. अर्थात, सर्वांचे डोळे लालच असतील.

याउलट, अंडपेशीला जर शुक्राणूकडून 'क्ष' रंगसूत्र मिळालेच नाही, तर नर निर्माण होतील. तसे होताना, निम्मे नर असतील 'आरओ' व त्यांचे डोळे असतील लाल, तर उरलेले असतील 'डब्ल्यूओ' आणि त्यांचे डोळे असतील पांढरे. म्हणजेच एकूणांपैकी एक-चतुर्थांश पिढी (अर्ध्या नरांपैकी अर्धे) पांढऱ्या डोळ्यांच्या नरांची असेल. मॉर्गनचे निरीक्षण नेमके असेच होते.

चिलटांमधील डोळ्यांच्या रंगाचा गुणधर्म वर्णन करताना मॉर्गनने तो लिंगाशी संबंधित (सेक्स लिंकड) असल्याचे सांगितले. मानवांमध्येदेखील अशा प्रकारचे संबंध महत्त्वाचे असू शकतात. उदाहरणार्थ, रंग-आंधळेपणा (कलर ब्लाइंडनेस) मानवांमध्ये लिंगाशी संबंधित असतो. तो बहुधा पुरुषांमध्येच आढळतो व क्वचितच कधीतरी स्त्रियांमध्ये असतो. परंतु याचे जनुक स्त्रियांमधून येते व त्या रंग-आंधळ्या नसल्या तरी त्यांचे मुलगे (मुली नव्हे) रंगाबाबत आंधळे असू शकतात.

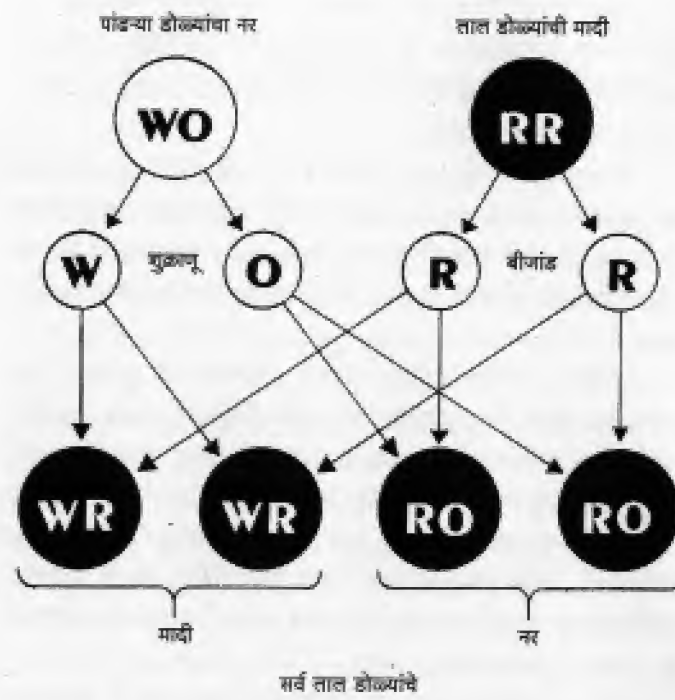
इतरही काही प्रकारचे असे संबंध असतात. प्रत्येक वेळी आई-वडिलांकडून मुलांमध्ये एक रंगसूत्र दिले जाते. तेव्हा त्याच्याबरोबर जनुकांची एक लांबलचक साखळी असते. प्रत्येक जनुक नियंत्रित करत असणारे सर्व गुणधर्म यातून पुढील पिढीकडे जातात.

अशा प्रकारे चिलटांच्या पंखांचे व पायांचे काही गुणधर्म जर त्याच रंगसूत्रावर असतील, तर आनुवंशिकतेने तेही पुढील पिढीकडे एकत्रितरीत्याच दिले जातील. नव्या पिढीत दोन्ही गुणधर्म असतील, नाहीतर कोणतेच नसतील.

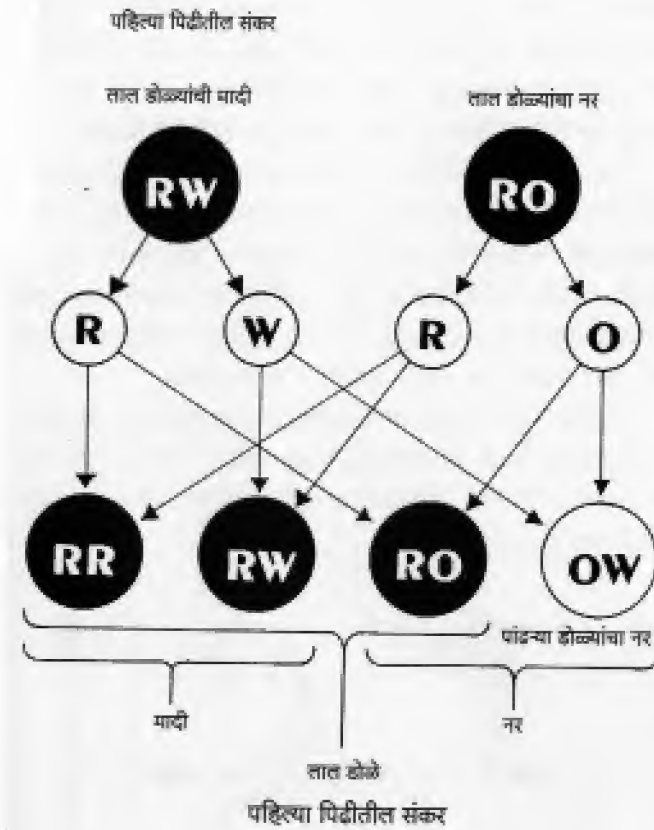
चिलटांमध्ये नेमके असेच घडले होते, असे मॉर्गन पुराव्यानिशी म्हणू शकला; व १९१० सालापर्यंत रंगसूत्रे हे मॅंडेलच्या नियमातील घटक असावेत ही सटनची कल्पना खरी असल्याचे सिद्ध झाले. या संशोधनासाठी मॉर्गनला १९३३ साली नोबेल पारितोषिक देण्यात आले.

तरीही हे संबंध परिपूर्ण नव्हते. चिलटांमध्ये गुणधर्म 'अ' आणि 'ब' अनेक वेळा एकत्रितपणे पुढील पिढीकडे येतात याबाबत काही शंका राहिली नाही. असे झाल्यावर हे दोन्ही गुणधर्म एकाच रंगसूत्रावर आहेत असे म्हणताना अचानक काहीतरी बिनसे. काही चिलटांमध्ये गुणधर्म 'अ' आहे, पण 'ब' नाही किंवा 'ब' आहे पण 'अ' नाही, असे काहीतरी घडे. ज्या चिलटांमध्ये दोन्ही गुणधर्म एकत्रितरीत्या नव्हते अशांचे संकर केले असता, पुढच्या पिढ्यांमध्ये हे गुणधर्म वेगळेच राहात असत.

हे कसे घडत असावे हे मॉर्गनच्या लक्षात आले. पेशींच्या विभाजनाच्या वेळी रंगसूत्रे काही सैन्यातील कवायत करणाऱ्या शिपायांप्रमाणे शिस्तीत उभी नसतात. ते असतात गुंता झालेल्या शेवयांप्रमाणे. एकाच जोडीतील दोन रंगसूत्रे एकमेकांभोवती गुंतलेली असतात, मग कधीतरी त्यांचे भाग बदलले जातात. याला म्हणतात



ताल डोळ्यांची मादी व पांढऱ्या डोळ्यांचा नर यांचे संकर

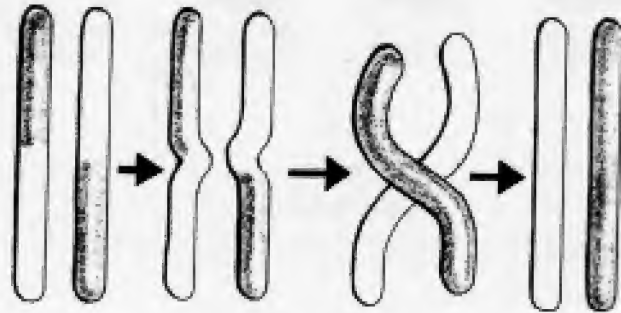


‘अदलाबदल’ (क्रॉसिंग-ओव्हर).

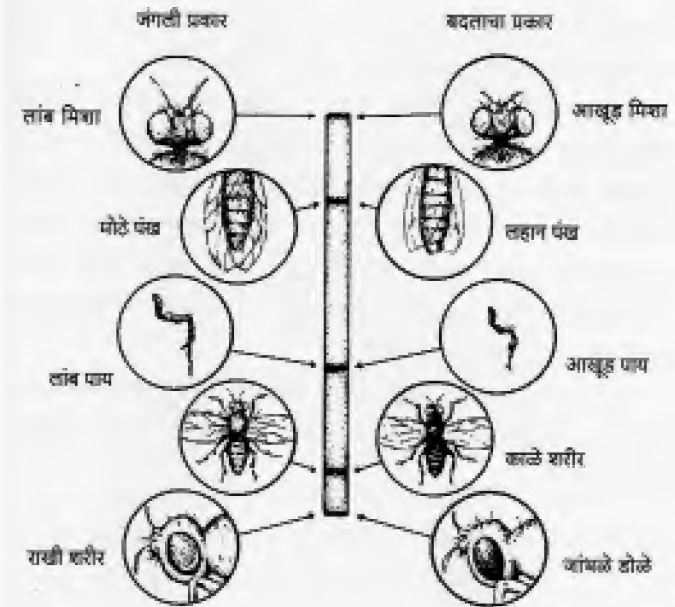
‘ब’ गुणधर्म नियंत्रित करणारा जनुकाचा भाग एखाद्या दुसऱ्याच जोडीला जोडला जातो. दुसऱ्या रंगसूत्राचा राहिलेला भाग मग पहिल्याला जोडला जातो. मग या बदलामुळे नेहमीपेक्षा थोडासा निराळाच काहीतरी गुणधर्म उदयाला येऊ शकतो. अंडपेशीला किंवा शुक्राणूपेशीला ‘अ’ गुणधर्म असणारे जनुक मिळते, पण ‘ब’ गुणधर्म मात्र नेहमीपेक्षा थोडासा निराळाच झालेला दिसतो.

१९११ साली मॉर्गनने या ‘क्रॉस-ओव्हर’ रंगसूत्राची आल्फ्रेड हेन्री स्टर्टवॅट (१८९१-१९७०) या त्याच्या एका २० वर्षीय विद्यार्थ्याशी चर्चा केली. स्टर्टवॅटला यावरून एक नामी कल्पना सुचली. एखाद्या रंगसूत्रावरील दोन जनुके जर बऱ्याच अंतरावर असतील, तर अशा बदलामुळे ते वेगळे होतील. रंगसूत्रावर कुठेही अशी रेषा काढली तर त्याने हे साध्य होऊ शकेल.

याउलट, दोन जनुके जर रंगसूत्रावर एकमेकांजवळ असतील, तर अशा बदलामुळे ती वेगळी होणार नाहीत. विभाजनाची रेषा नेमकी त्या दोघांच्या मध्यावर असावी लागेल आणि त्यासाठी फारशी जागा असणार नाही.



गुणसूत्रांची अदलाबदल



चिलटाच्या गुणसूत्रातील काही जनुकांची जागा दर्शविणारा नकाशा

म्हणून गुणधर्माचे संच वेगळे कसे होतात याचा अभ्यास करायचा असेल, तर त्याची जनुके रंगसूत्रावर किती अंतरावर आहेत हे प्रथम शोधावे लागेल.

जसजसे निरनिराळे गुणधर्म असणाऱ्या निरनिराळ्या संचांतील अंतर माहीत होईल, तसे कोणते दोन वेगळे जनुक रंगसूत्राच्या दोन टोकांना आहेत हे शोधून काढता येईल. तिसरे एखादे जनुक या दोहोंच्या मधे कुठेतरी, पण दुसऱ्याच्या अधिक जवळ असेल. चौथे कदाचित पहिल्याच्या जवळपास असेल वगैरे वगैरे...

मग लवकरच रंगसूत्रांचा नकाशा तयार करता येईल, त्यावर प्रत्येक जनुकाची जागा व त्यातून नियंत्रित होणारे शारीरिक गुणधर्म दाखवता येतील. १९१३ साली, म्हणजे तो केवळ २२ वर्षांचा असताना, स्टर्टवॅटने एक लेख प्रकाशित केला. त्यात त्याने आपल्या या कल्पनेचा कसा वापर करता येईल याचे वर्णन केले होते. त्यानंतरच्या पुढील काही वर्षांत त्याने रंगसूत्रांचे अधिकाधिक तपशीलवार नकाशे तयार केले.

१९५१ सालापर्यंत त्याने तयार केलेल्या रंगसूत्रांच्या नकाशात चिलटांच्या चारही रंगसूत्रांवरील प्रत्येक जनुकाची जागा दाखवून दिली होती.

५ | म्युलर आणि क्ष-किरण

लाल डोळ्यांचे व पांढऱ्या डोळ्यांचे अशी दोन्ही जनुके रंगसूत्रावर एकाच ठिकाणी का असावीत, म्हणजे एका रंगसूत्रावर एक असेल व त्याच्या जोडीदाराकडे दुसरे असेल? अखेर लाल डोळ्यांचे जनुक त्या गुणधर्मासाठी असणे हेच साहजिक आहे, निदान तेच अधिक असल्याचे आढळते. सुरुवातीला तेच अस्तित्वात असणार व पेशीच्या प्रत्येक विभाजनाच्या वेळी एक नवे लाल डोळ्यांचे जनुकच तयार झाले असणार. मग हे दुर्मिळ असणारे पांढऱ्या डोळ्यांचे जनुक आले तरी कुठून?

महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे, द व्हीरिजने दाखवून दिले होते त्याप्रमाणे उत्परिवर्तन (म्युटेशन्स) किंवा बदल घडून येतात.

तथापि, द व्हीरिजने फक्त वनस्पतींवरच संशोधन केले होते, म्हणून प्राण्यांमध्येदेखील असे बदल म्हणजे उत्परिवर्तन घडून येत असेल का? असा प्रश्न निर्माण होतो. अर्थात, पाळीव प्राण्यांमध्ये अशा तऱ्हेचे बदल झाल्याची अनेक उदाहरणे - लहान पायांच्या मेंढ्यांसारखी - लोकांना माहीत होती. पण अशा प्रकारचे बदल जर त्यांना त्यांच्या प्रयोगशाळेत बसून पडताळून पाहता आले आणि केवळ शेतकऱ्यांच्या किंवा गुराख्यांच्या पुराव्यावर अवलंबून राहावे लागले नाही, तर शास्त्रज्ञांना ते निश्चितच अधिक विश्वासाह वाटे.

चिलटांवर प्रयोग करत असताना असे बदल अधूनमधून कधीतरी घडून येत असल्याचे मॉर्गनच्या लक्षात आले होते. उदाहरणार्थ, त्याने सुरुवातीला लाल डोळ्यांच्या चिलटांपासून सुरुवात केली व त्यांची पुढची पिढी थेट त्यांच्यासारखीच निपजली. त्यांच्या पुढच्या

पिढीतील सर्वांचे डोळे लाल असत आणि त्यांच्या पुढच्या पिढीचे डोळेही लालच असत. त्यांच्यात पांढरे डोळे असण्याचे कोणतेच चिन्ह दिसत नसे.

पण मधूनच कधीतरी अचानकच एखाद्या चिलटाचे डोळे पांढऱ्या रंगाचे असत. हे कुठून आले?

हेरमान जोसेफ म्युलर (१८९०-१९६७) या मॉर्गनच्या आणखी एका विद्यार्थ्याला या उत्परिवर्तनाच्या समस्येत खास स्वारस्य होते. प्रत्येक जनुक हे अणूच्या बऱ्याच गुंतागुंतीच्या रचनेतून बनत असावे, असा त्याचा कयास होता. पेशीच्या विभाजनाच्या वेळी प्रत्येक रंगसूत्रावरील प्रत्येक जनुकाने नेमके स्वतःसारखेच दुसरे जनुक - अगदी एकाही अणूच्या जागेत फरक न करता - तयार करणे आवश्यक होते.

बहुतेक वेळा तसेच घडते. मधून कधी काहीतरी चूक होणे नैसर्गिकच मानायला हवे. काही अणू आपली जागा सोडून जातील, मग त्यातून निर्माण होणारे जनुक अपेक्षेपेक्षा काहीतरी निराळेच असणार. जनुकाचा हा वेगळाच प्रकार असेल, म्हणून डोळ्यांचा रंग किंवा पंखांचा आकार थोडासा निराळा होईल.

ज्यामुळे अणूंना आपली जागा धरून ठेवणे कठीण होईल किंवा ज्यामुळे त्यांना आपली जागा सोडून जाणे अधिक सोपे होईल, त्यातून अशा बदलांची संख्या वाढायला हवी.

उदाहरणार्थ, सर्व अणू कंप पावतात किंवा उसळ्या घेतात. त्यांच्यात असणाऱ्या ऊर्जेमुळे हे घडते. तापमान जितके अधिक असेल, तितकी त्यात अधिक ऊर्जा असते आणि त्यांच्या उसळ्याही अधिक जलद होतात. जर सर्वच अणू नेहमीपेक्षा अधिक गतीने उसळ्या घेत असतील, तर सर्वच्या सर्व अणूंना नेमके त्याच ठिकाणी असणारे एखादे गुंतागुंतीचे जनुक निर्माण करणे कठीण जाईल, असा म्युलरने विचार केला.

म्युलरची ही कारणमीमांसा जर खरी असेल, तर चिलटांना नेहमीपेक्षा थोड्या अधिक तापमानात ठेवल्यास, त्यांच्यातील बदलांची संख्या वाढायला हवी.

१९१९ साली म्युलरने असे करून पाहिले आणि ते खरेच होते असे त्याला आढळले. तापमानाबरोबरच बदलांची संख्याही वाढली.

परंतु एवढेच पुरेसे नव्हते. संख्या काही फार वाढली नाही आणि तापमान अधिक वाढवण्याने त्यात काही फारसा फरक पडला नाही. तापमान जर अधिक वाढवले, तर चिलटे मरूनच जात. तापमानाखेरीज अणूंच्या उसळ्या वाढतील असे काही करता येईल का, म्हणजे त्याद्वारे गुंतागुंतीचे जनुक नेमके तसेच बनण्यात अडचणी येतील?

याआधी सुमारे पाव शतकापूर्वीच क्ष-किरणांचा शोध लागला होता. हा एक अधिक ऊर्जा असणारा किरणोत्सर्ग आहे. एखाद्या गुंतागुंतीच्या अणूंच्या संचावर क्ष-किरण पडले, तर सर्वच अणू जोराने थरथरू लागतात. इतके, की त्यांची सर्व रचनाच मोडू शकते. शिवाय क्ष-किरण वस्तूच्या आरपार जाऊ शकतात म्हणून ते चिलटाच्या शरीरातील रंगसूत्रापर्यंत सहजरीत्या पोचू शकतात; त्वचेपाशी रोखले जात नाहीत.

तापमान वाढवण्याऐवजी चिलटांवर क्ष-किरणांचा मारा करणे बरे, असा म्युलरने विचार केला. तापमानवाढीमुळे सर्वच अणूंचा परिणाम होतो; क्ष-किरण मात्र नेमके ज्या अणूंचा पडतील त्यांच्यावरच त्यांचा परिणाम होतो. एखाद्या जनुकावर क्ष-किरण पडला, तर ते जनुक तुटेल; पण चिलटाच्या संपूर्ण शरीरावर त्याचा परिणाम होणार नाही. याचा अर्थ, एखाद्याच रंगसूत्राला बरीच ऊर्जा दिली तरीदेखील ते चिलट मरणार नाही.

म्युलरला या प्रश्नाचे नेमके उत्तर सापडले होते हे १९२६ साली स्पष्ट झाले. क्ष-किरणांचा परिणाम त्याच्या अपेक्षेप्रमाणेच

होता. बदलांच्या संख्येत बरीच वाढ झाली.

या शोधामुळे जीवशास्त्रज्ञांना अनेक प्रकारचे बदल अभ्यासासाठी उपलब्ध झाले. त्यावरून आनुवंशिकतेचा तपशीलवार अभ्यास करणे, रंगसूत्रांचा नकाशा बनवणे वगैरेंसाठी याचा त्यांना खूपच उपयोग झाला. या संशोधनासाठी म्युलरला १९४६ साली नोबेल पारितोषिक देण्यात आले. त्याचबरोबर क्ष-किरण व इतर प्रकारची उच्च ऊर्जा असणारा किरणोत्सर्ग मानवांसाठी का धोकादायक असतो, तेही स्पष्ट झाले. रंगसूत्रांच्या कार्यात यामुळे बाधा येते. तेव्हापासून म्युलरने विनाकारण क्ष-किरणांचा वापर करण्यापासून लोकांना परावृत्त करायला सुरुवात केली.

नैसर्गिक वातावरणात बदल कशा प्रकारे घडून येतात, हेदेखील यावरून समजले.

सर्व सजीवांवर निरनिराळ्या प्रकारची ऊर्जा कायमच आदळत असते. अतिउच्च ऊर्जा असणारे 'कॉस्मिक' किरण पृथ्वीवर कायमच आदळत असतात. आपल्या आजूबाजूला नेहमीच ऊर्जेचे व किरणोत्सर्गी द्रव्याचे सूक्ष्म कण विखुरलेले असतात. सूर्यप्रकाश तर असतोच, शिवाय निसर्गातील काही रसायनेही असतात. जनुकांतून नेमकी तशीच जनुके बनण्यावर या सर्वांचाच परिणाम होतो आणि त्यातून एकाच प्रकारची निरनिराळी जनुके तयार होतात.

याचा अर्थ, मानवातील (व इतर सजीवांतीलही) प्रत्येक जनुकाचे अनेक प्रकार अस्तित्वात असतात. यामुळे प्रत्येक जनुक जर एकाच प्रकारात उपलब्ध असते तर झाली असती, त्यापेक्षा



साध्या चोवीच्या पक्ष्यापासून कमानदार चोवीच्या पक्ष्याची उत्क्रांती झाली.

आनुवंशिकता कितीतरी अधिक गुंतागुंतीची होते. निरनिराळ्या आकारांच्या आणि प्रकारांच्या नाकांचा नुसता विचार तरी करून पहा; तसेच हात, कान, उंची, वर्ण, दात, आवाज असे कितीतरी निरनिराळे पैलू व त्यांच्या विविधता आहेत. इतके निरनिराळे प्रकार असल्यामुळेच आपण आपल्या परिचयाच्या लोकांना त्यांच्या दिसण्यावरून, आवाजावरून, चालण्याच्या पद्धतीवरून आणि इतर अनेक गुणधर्मावरून सहज ओळखू शकतो.

शिवाय, जर उत्परिवर्तन घडत नसते आणि प्रत्येक जनुक फक्त एकाच प्रकारात उपलब्ध असते, तर एखाद्या जातीचा प्रत्येक प्राणी एकसारखाच दिसला असता.

प्रत्येक सजीवात शेकडो किंवा हजारो जनुकांचे, इतर कोणासारखेच नसणारे, त्याचे स्वतःचे असे खास मिश्रण असते. एकाच प्रकारच्या प्राण्यातही कोणी अधिक जलद असतात तर कोणी अधिक हुशार, काही लपून बसण्यात अधिक कुशल तर कोणाची वाढ एखाद्या विशिष्ट अन्नावर अधिक चांगली होते -- आणि हे सर्व प्रत्येकात स्वतःचे असे जनुकांचे गुंतागुंतीचे मिश्रण असण्यानेच घडते.